

MAXIMUM POWER POINT TRACKER SEL SURYA MENGGUNAKAN ALGORITMA PERTURB AND OBSERVE

Rusminto Tjatur Widodo, Rugianto, Asmuniv dan Purnomo Sejati
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS, Surabaya, Indonesia
widodo@eepis-its.edu, rugiantovedc@yahoo.com dan purnomo.sejati@gmail.com

Abstrak

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya tergantung pada radiasi sinar matahari dan temperatur permukaan sel surya. Kedua parameter tersebut menyebabkan kurva karakteristik daya keluaran sel surya menjadi *non-linier*. Merancang sistem sel surya yang efisien tentunya tidak akan lepas dari penjejak (*tracker*) *maximum power point* (MPP) yang berada pada kurva karakteristik daya keluaran sel surya tersebut. Titik dimana daya yang dihasilkan oleh sel surya paling maksimum. Algoritma penjejak menggunakan *perturb and observe* (P&O). Sebuah algoritma yang mencari dP/dV yang bernilai nol sebagai pertanda puncak suatu kurva. Pada akhirnya, hasil percobaan alat ditunjukkan pada bagian akhir pembahasan ini.

1. Pendahuluan

Sel surya menjadi sumber energi terbarukan yang paling penting yang menawarkan banyak keuntungan seperti tanpa memerlukan bahan bakar minyak, tidak menghasilkan polusi, biaya perawatan rendah dan tidak menghasilkan *noise*. Penerapan sel surya pada sistem mandiri[2] adalah seperti pada pompa air, penerangan jalan, kendaraan listrik, militer dan ruang angkasa. Dan pada penerapan jaringan listrik seperti sistem *hybrid*[2] dan *power plants*.

Permasalahan utama pada penggunaan sel surya adalah pembangkitan tenaga listrik yang rendah, terutama pada kondisi radiasi yang rendah. Yang bisa dicapai hingga saat ini tidak lebih dari 20%, itupun dalam skala laboratorium[1]. Dan jumlah daya listrik yang dibangkitkan berubah secara berkala seiring dengan perubahan cuaca.

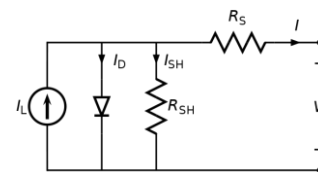
Selain itu, karakteristik V-I sel surya adalah *nonlinier* dan berubah terhadap radiasi dan suhu permukaan sel surya. Secara umum, terdapat titik yang unik pada kurva V-I atau kurva V-P, yang dinamakan *Maximum Power Point* (MPP). Dimana pada titik tersebut, sel surya bekerja pada efisiensi maksimum dan menghasilkan daya keluaran paling besar. Letak dari MPP tidak diketahui, tapi dapat dicari, dengan menggunakan perhitungan atau algoritma penjejak. Oleh karena itu algoritma *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) dibutuhkan

untuk menjaga titik kerja sel surya agar tetap pada titik MPP.

Terdapat beberapa algoritma MPPT yang telah ditemukan dan ditulis pada jurnal ilmiah internasional seperti *Perturb and Observe*, *Incremental Conductance*, *Dynamic Approach*, *Temperature Methods*, *Artificial Neural Network method*, *Fuzzy Logic method* dll. Semua algoritma tersebut berbeda-beda dalam beberapa aspek termasuk kesederhanaan, kecepatan, implementasi *hardware*, sensor yang dibutuhkan, biaya, efektifitas, dan parameter yang dibutuhkan.

2. Sel Surya

Model matematik dikembangkan untuk menirukan sel surya. Gambar 1 menunjukkan rangkaian persamaan sel surya, dimana I dan V adalah arus dan tegangan sel surya, kemudian, I_L adalah *cell's photocurrent*. R_{sh} dan R_s adalah tahanan shunt dan tahanan seri dari sel surya[3].



Gambar 1. Rangkaian persamaan sel surya

Persamaan dari rangkaian persamaan diatas adalah :

$$I = I_L - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{nkT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_{SH}} \quad (1)$$

Dimana :

I_0 =arus saturasi *reverse* (Ampere)

n =faktor ideal dioda (bernilai 1 untuk dioda ideal)

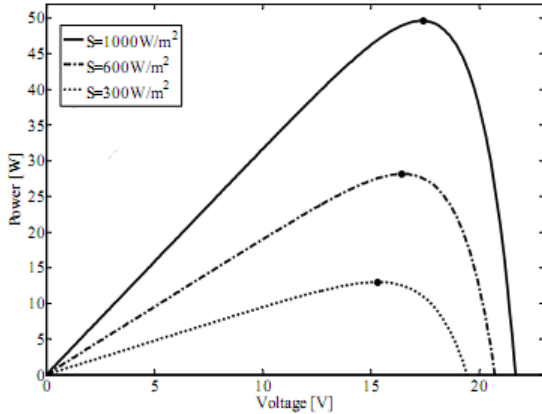
q =pengisian electron ($1.602 \cdot 10^{-19}$ C)

k =konstanta Boltzman ($1.3806 \cdot 10^{-23}$ J.K⁻¹)

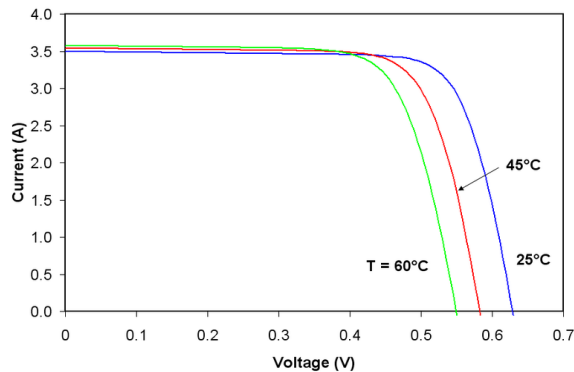
T =temperature sel surya (° K)

Persamaan (1) digunakan dalam simulasi menggunakan komputer untuk mendapatkan karakteristik keluaran sel surya, seperti pada gambar

2 dan 3. Kurva ini menunjukkan sangat jelas bahwa karakteristik keluaran sel surya adalah *non-linier* [4] dan sangat dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari, temperatur dan kondisi pembebanan.



Gambar 2. Karakteristik P-V untuk level radiasi yang berbeda. Tiap titik mewakili MPP dari masing-masing kurva



Gambar 3. Karakteristik I-V pada temperatur permukaan sel surya yang berbeda

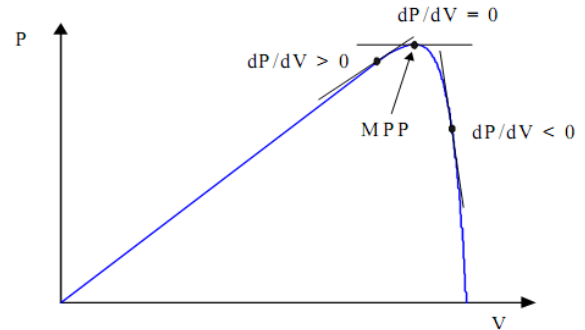
3. Algoritma Kontrol MPPT

Seperti diketahui bahwa karakteristik daya keluaran sel surya dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari dan temperatur permukaan sel surya, diperlukan sebuah algoritma untuk mencari titik daya maksimum (MPP) dan menjaga pada titik kerja tersebut.

Terdapat beberapa cara untuk menjejak titik daya maksimum tersebut seperti *Perturb and Observe*[6], *Incremental Conductance*[5], *Dynamic Approach*[7], *Temperature Methods* [5] dll. Pada pembahasan kali ini dipilih algoritma *perturb and observe* (P&O) sebagai algoritma kontrol MPPT karena komputasi yang mudah dan cepat.

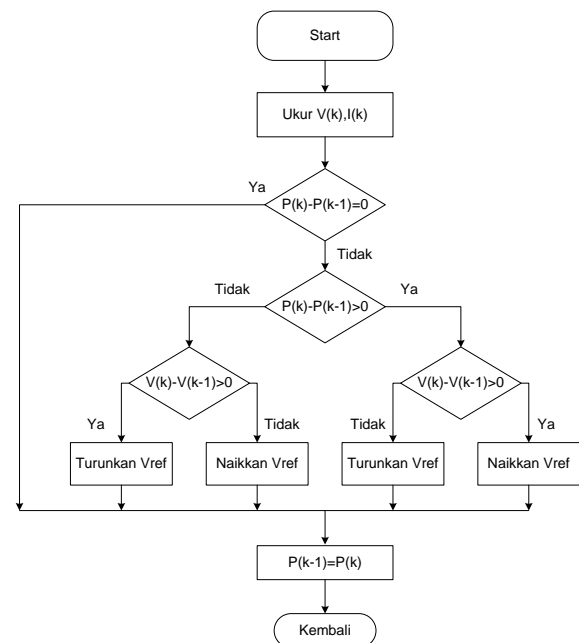
P&O disebut juga dengan metode *hill climbing*[6], yang mengacu pada karakteristik V-P

dari sel surya. Seperti pada Gambar 4, terdapat 3 jenis titik yang berada pada 3 posisi. Di sebelah kiri puncak $dP/dV > 0$, dipuncak kurva $dP/dV = 0$ dan di sebelah kanan puncak $dP/dV < 0$ [6].



Gambar 4. Posisi dP/dV yang berbeda pada kurva daya sel surya

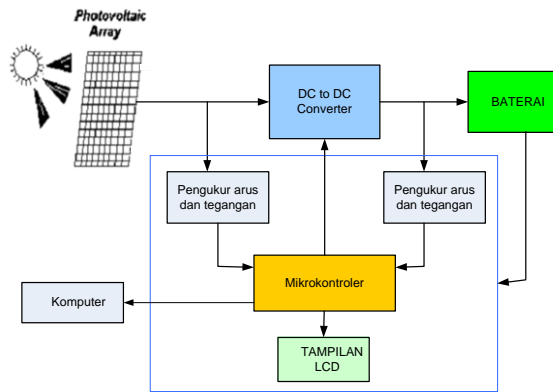
Di sebelah kiri dari MPP perubahan daya terhadap perubahan tegangan $dP/dV > 0$, sementara di sebelah kanan, $dP/dV < 0$ (lihat gambar 4). Pada gambar 1, jika tegangan kerja sel surya diganggu (*perturbed*) dan berada pada $dP/dV > 0$, hal tersebut diketahui bahwa pengganggu (*perturbation*) dilakukan untuk memindahkan tegangan kerja sel surya maju ke arah MPP. Jika $dP/dV < 0$, kemudian perubahan titik kerja mengarahkan sel surya jauh dari MPP, maka algoritma P&O membalik arah pengganggu. *Flowchart* dari algoritma ini ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Flowchart dari algoritma P&O

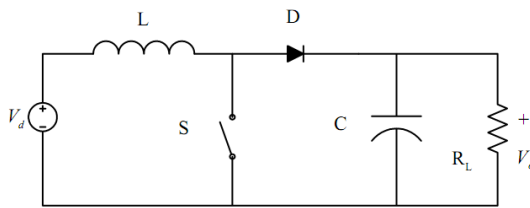
4. Konfigurasi Sistem Sel Surya

Gambar 6 menunjukkan susunan sistem sel surya. Sistem ini terdiri dari sel surya Solarex MSX77, MPPT, baterai 24V dan sebuah komputer. Sel surya Solarex MSX77 mempunyai tegangan nominal 12V dan daya keluaran 77WP. Namun, parameter ini akan diuji ulang dengan menggunakan rangkaian MPPT. Rangkaian MPPT terdiri dari DC to DC converter (dalam hal ini *boost converter*), sensor arus, sensor tegangan, mikrokontroler, LCD dan *interface* ke komputer. Baterai 24V dibutuhkan sebagai media penyimpan energi listrik yang dihasilkan dari solar sel.



Gambar 6. Konfigurasi Sistem Sel Surya

Pada MPPT ini digunakan *boost converter* [7] karena pengisian energi listrik ke baterai diatur pada mode *high current charging*. *Boost converter* berfungsi untuk menaikkan tegangan dari sel surya ke tegangan pengisian baterai[8]. Semakin naik tegangan pengisian, maka arus pengisian akan naik juga. Rangkaian utama dari *boost converter*[9] adalah seperti pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Boost Converter

Untuk menentukan tegangan keluaran dari *boost converter* ialah dengan menggunakan persamaan berikut :

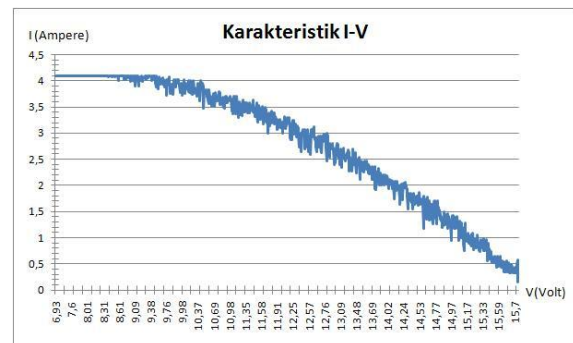
$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{1}{1-D} \quad (2)$$

Boost converter terdiri dari induktor, dioda, kapasitor dan komponen pensaklar. *Boost converter* bekerja berdasarkan sinyal pensaklaran, t_{on} dan t_{off} . Perbandingan waktu hidup (t_{on}) terhadap jumlah waktu keduanya disebut juga dengan *duty cycle*. Saat saklar hidup (*on*), energi disimpan pada induktor menjadi medan magnet, saat saklar mati (*off*), energi yang tersimpan pada induktor diubah lagi menjadi listrik dan didorong oleh tegangan *input* menjadi tegangan *output* sehingga nilainya menjadi lebih besar.

5. Pengujian dan hasil

Prototype MPPT telah dikembangkan menggunakan metode yang dijelaskan dan diuji dibawah sinar matahari. Sel surya mampu menghasilkan daya keluaran maksimum sebesar 41 W, 18 V tegangan rangkaian terbuka dan 4,1 A arus hubung singkat.

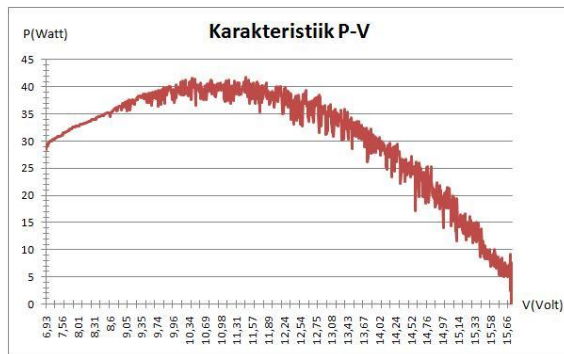
Pengujian MPPT dilakukan untuk mendapatkan 2 karakteristik penting dari sel surya. Yaitu kurva arus terhadap tegangan sel surya (I-V) dan kurva daya terhadap tegangan sel surya (P-V). Dan MPPT diuji dengan mengubah frekuensi pensaklaran *boost converter* untuk mengetahui efisiensinya terhadap perubahan nilai frekuensi pensaklarannya. Hasil pengujian untuk kurva I-V ditunjukkan pada Gambar 8. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada saat arus keluaran sel surya besar hingga 4,1 A, tegangannya bernilai kecil. Sedangkan pada saat arus keluarannya kecil, tegangan keluaran sel surya bernilai besar.



Gambar 8. Karakteristik I-V sel surya MSX77

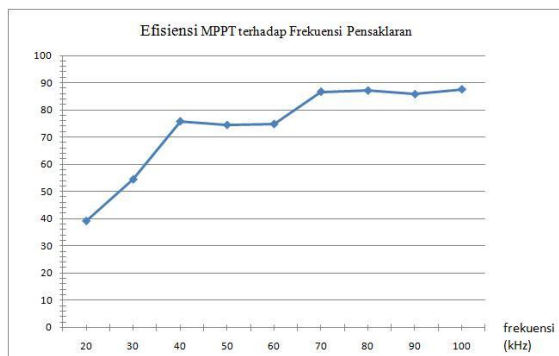
Pada hasil pengujian yang kedua, yaitu karakteristik daya keluaran sel surya terhadap tegangan keluarannya. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9. Pada Gambar tersebut menunjukkan kurva seperti sebuah bukit. Tentunya terdapat sebuah titik puncak pada kurva tersebut yang menandakan titik daya maksimum dari sel surya MSX77. Besar nilai titik daya maksimum tersebut adalah 41 W. Jadi, sel surya MSX77 mampu menghasilkan daya keluaran

maksimum 41 W pada kondisi radiasi matahari paling besar. Titik tersebut berada pada tegangan antara 10,5 V hingga 11,5 V.



Gambar 9. Karakteristik P-V sel surya MSX77

Setelah mengetahui titik daya maksimum dari sel surya tersebut, MPPT diuji untuk mengetahui efisiensi daya dari MPPT tersebut dengan mengubah frekuensi pensaklaran *boost converter*. Dan didapatkan hasil seperti pada Gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Kurva efisiensi MPPT terhadap frekuensi pensaklaran

Pada gambar diatas dapat diketahui bahwa MPPT yang dioperasikan pada frekuensi mulai dari 20 KHz hingga 60 KHz, efisiensinya tidak bias melebihi 80%. Sedangkan jika dioperasikan pada frekuensi 70KHz hingga 100KHz, efisiensinya naik hingga mencapai 87,5% pada frekuensi 100KHz. Nilai efisiensi ini merupakan nilai efisiensi MPPT dan sudah memperhitungkan konsumsi daya MPPT sendiri.

6. Kesimpulan

Dengan mengacu pada hasil pengujian, disimpulkan bahwa MPPT dengan algoritma *perturb and observe* dapat bekerja dengan baik. *Boost converter* dan mikrokontroler dapat digunakan dengan hasil yang memuaskan. Efisiensi alat yang mampu dicapai adalah 87,5%. Nilai ini tidak menutup kemungkinan untuk ditingkatkan pada

kesempatan selanjutnya. Dengan mengurangi kerugian daya pada komponen-komponen yang masih bisa untuk dikurangi.

7. Daftar Pustaka

- [1] Widodo, Rusminto Tjatur. 2003. "*Solar Cell: Sumber Energi Masa Depan Yang Ramah Lingkungan*". Surabaya. PENS-ITS.
- [2] Rashid, Muhammad H. 2001. "*Power Electronics Handbook*". New York. Academic Press.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell diakses pada tanggal 7 juni 2009
- [4] Faranda, Roberto. Leva, Sonia. 2008. "*Energy comparison of MPPT techniques for PV Systems*". Italia.
- [5] Sera D. T. Kerekes. R. Teodorescu. F. Blaabjerg. 2004. "*Improved MPPT Method For Rapidly Changing Environmental Conditions*". Denmark. Aalborg University/Institute of Energy Technology. www.iet.aau.dk/~des/papers/PID239224_ISIE2006.pdf diakses pada tanggal 7 juni 2009
- [6] P. Midya, P. T. Krein, R. J. Turnbull, R. Reppa, and J. Kimball. 1996. "*Dynamic maximum power point tracker for photovoltaic applications*". 27th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference.
- [7] Mohan, Ned. Undeland, Tore M. Robbins, William P. 1995. "*Power Electronics Converters, Applications, And Design*". New York. John Wiley & Sons, Inc.
- [8] www.engr.colostate.edu/ECE562/98lectures/139.pdf diakses pada 6 juni 2009
- [9] <http://encon.fke.utm.my/courses/notes/Chopper-2002.pdf> diakses pada 6 juni 2009